

ニューラルネットワークを使用した CPR 姿勢評価・訓練システムの開発

Development of CPR posture evaluation and training system using neural network

山上泰樹[†] 井上滯南[†] 皆月昭則[†]
釧路公立大学[†]

1. はじめに

心停止に対する唯一の対抗策が CPR (心肺蘇生法) である。一方で、従来の CPR 訓練は指導者の主観的な評価であり、手法についても明確な科学的根拠がないことが課題である。本研究において新たな訓練手法として「CPR 訓練システム」を開発、CPR 姿勢の客観的な評価を可能とした。

「CPR 訓練システム」のさらなる発展タイプとして、本研究にて行った実験を通して蓄積された 101 名・約 4700 回の訓練データについて、胸骨圧迫時 (加圧) の際に上肢 (両肘、両肩、胸部) と下肢 (臀部、腰部) の角度について適切な角度範囲を分析したデータをもとに、ニューラルネットワークによる姿勢評価 AI モジュールである「CPR 姿勢評価 AI システム」を開発した。

「CPR 姿勢評価・訓練システム」は CPR 訓練システムと CPR 姿勢評価 AI システムの総称であり、本システムによって CPR 姿勢を分析する上での連節性や訓練者の個別性を考慮した分析を可能にした。

2. CPR 訓練の NUI アプリケーション開発

CPR 訓練時の身体の姿勢変化の入力検知センサーデバイスとして用いた Azure Kinect DK (以下 Kinect) は、Windows PC に接続する NUI (Natural User Interface) 用入力センサーデバイスである。CPR 訓練時における姿勢の動作 (形; カタ) の抽出、そして判定アルゴリズムの開発には、CPR を行う際に身体全体を入力検知して、UI 化することが必要不可欠である。本研究では Kinect を使用して、CPR 訓練時の身体全体を捉えて、いわば身体全体を入力検知することで、全体から部分 (肘、肩など) の変動を抽出して、CPR の姿勢の形 (カタ) の正誤判定を行うための Kinect を用いた NUI アプリケーションを実装した訓練システムを開発した。

関節角度の導出については以下の図 1 に示すように、観測したい関節を中心として、隣り合う 2 点の座標をもとに角度を導出している。

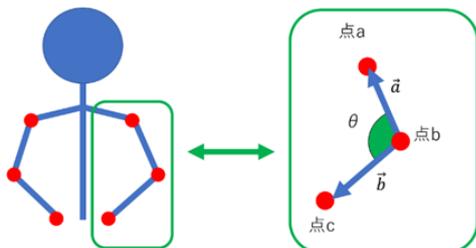


図 1 関節角度の導出例 (左肘の場合)

3. CPR 訓練システムのインターフェース概要

インターフェースでは、AR (拡張現実) 表示で訓練者の訓練姿勢を可視化し、分析可能なシステムを開発した。よって、本システムはモーションキャプチャーなどで必要とされる、ウェアラブルデバイスの装着を必要とせずに CPR の正しい (あるいは誤った) 姿勢の判定が導出可能である。

図 2 のように正面の Kinect 表示インターフェースは、リアルタイムで左右の肘・肩の検知・関節角度を導出する。音声検知による圧迫回数の表示を行っている。

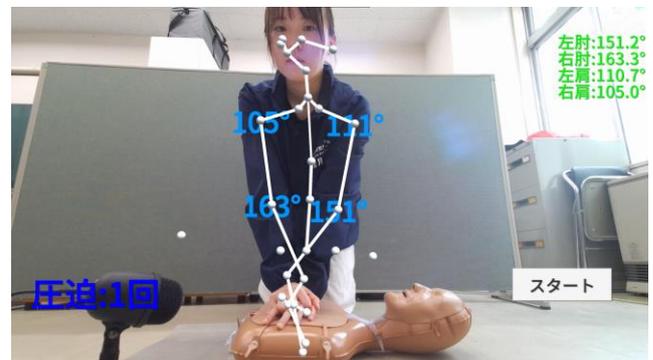


図 2 正面インターフェース画面

正面に加えて側面 (訓練者の左側) からも姿勢を観測しており、胸部・臍部・臀部の 3 点の検知と関節角度を導出する。

圧迫回数については、CPR 訓練用的人形 (ミニアン) を適切な位置と深さ (約 5 cm) で圧迫・除圧した際に発生するクリッカー音 (金属音) 2 回をマイクによって検知し、2 回のクリッカー音で 1 回の圧迫回数として計数処理する。音声認識による圧迫の検知と同時に姿勢を検出し、関節角度の判定・記録が可能である。

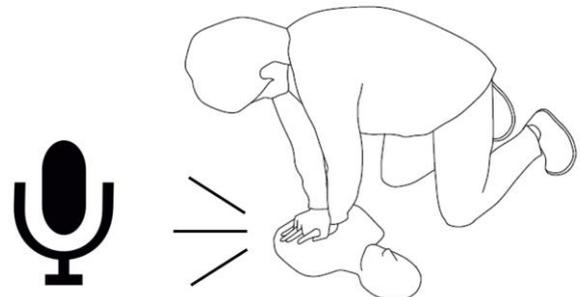


図 3 圧迫検知の音声認識イメージ

Development of CPR posture evaluation and training system using neural network

[†]Taiki Yamakami, [†]Miona Inoue, [†]Akinori Minaduki

[†]Kushiro Public University Minaduki lab

4. CPR 姿勢評価 AI システムの開発

CPR 姿勢評価 AI システムは、従来の CPR 訓練システムの姿勢評価において課題であった人体の連節性や訓練者の個性性を考慮した分析を目的として開発した。これらの姿勢評価を実装する際の学習データは、本研究において行ってきた実験において蓄積された 101 名・約 4700 回の訓練データである。訓練データとは、CPR 訓練システムを使用した訓練の際に音声認識によって検知された圧迫時の関節角度数値を指す。各関節の訓練データについては、正規性を有することが判明した。訓練者の内訳としては、一般 68 名と救命プロフェッショナル 33 名（医療者、救急現場従事者）である。

図 4 に示すように、CPR 訓練システムを使用した訓練において、適切な圧迫を音声検知した際に取得した各関節角度の数値を AI によって姿勢評価処理する。また、数値上の姿勢評価に合わせて、改善点や訓練者の姿勢における特徴をもとにしたフィードバックを返す。CPR 訓練システムと CPR 姿勢評価 AI システムはソケットで繋ぐことによって、訓練後の迅速なフィードバック提供を可能としている。

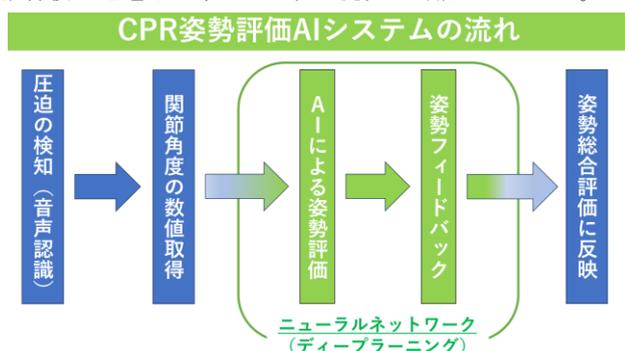


図 4 CPR 姿勢評価 AI システム

5. 姿勢フィードバック

旧システムである CPR 訓練システムでは関節角度の数値をもとに、事前に設定している閾値と参照して評価を導出していた。一方で、ニューラルネットワークによって多層学習した新システムにおいては、訓練者の CPR 姿勢の特徴や CPR 時の弱点・脆弱性に対するフィードバック（姿勢フィードバック）を提供する。

6. システムの有用性検証

本研究にて開発した CPR 姿勢評価・訓練システムは、訓練者に対するフィードバックによって、訓練効果の向上を目的としている。CPR 訓練システム（点数によるフィードバックのみ）と CPR 姿勢評価・訓練システムのそれぞれを使用した訓練において、CPR 訓練における圧迫回数や運動負荷に対してどのような効果・影響をおよぼすを分析した。分析結果の詳細や得られた知見については登壇時に報告する。

7. 個別性による姿勢変化

本システムの開発で得られた知見の一つに、CPR の胸骨を圧迫する手の上下によって肩・肘の関節角度に対して一定の影響があると判明した。訓練者によって利き手が違うため、CPR において手の上下は個性性の代表例であったが、従来は CPR に対する影響をあまり考慮されていなかった。一方で、本研究において行ってきた実験の中で、利き手を上にすることで CPR の効果向上（適切な圧迫回数）や運動量の低減を実現することを解明したことによる知見は大きな手掛かりであると考えられる。

8. おわりに

CPR は多くの未解明な部分が存在し、本研究においては CPR の解明を姿勢という面から重点的にアプローチしてきた。本研究において開発した CPR 姿勢評価・訓練システムはその点において、姿勢分析と訓練効果の両面を両立したシステムとなっており、従来以上に CPR 姿勢の解明に寄与するものであると考える。

一方で、システムの最適化や学習データの追加など、さらなる発展の伸びしろを残しており、適切な CPR 姿勢の解明と訓練法としての本システムの完成形を追求していく所存である。

9. 謝辞

本研究は、日本学術振興会の科学研究費助成事業において 2024 年度基盤研究 (C) 科研費課題番号 23K11336 に採択されたテーマ「CPR における胸骨圧迫の最適な姿勢・動作の解明」の関連研究であり、国民の皆様はじめ関係各位に感謝いたします。

参考文献

- [1] JRC 蘇生ガイドライン 2020 作成編集委員会, “JRC 蘇生ガイドライン 2020”, 2021.
- [2] 山上泰樹, “CPR 訓練システムによる胸骨圧迫姿勢の構成要素と影響の分析”, 2023.
- [3] マイクロソフト, “Azure Kinect DK のドキュメント”, <https://learn.microsoft.com/ja-jp/azure/Kinect-dk/>
- [4] 山上泰樹, “CPR 姿勢分析システムを使用した救命プロフェッショナルの CPR 姿勢分析”, 2024.
- [5] 高木晴良, “系統看護学講座 基礎分野 統計学第 7 版”, 2016.
- [6] 医療情報科学研究所, “フィジカルアセスメントがみえる第 1 版”, 2015.
- [7] ILCOR, “2021 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendation.”, 2021